

УДК 62.403.3

С. А. Проданов, Г. В. Воронов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ В НАДФУРМЕННОЙ ЗОНЕ ПЕЧИ ВАНЮКОВА

Аннотация

В работе представлены результаты расчета траекторий движения потоков кислородно-воздушной смеси (КВС) в надфурменной зоне ванны рабочего пространства печи Ванюкова. Расчет газодинамики в надфурменном слое выполнен с использованием программы Solid Works Flow Simulation при начальных граничных условиях соответствующих цеховым, для сопла Лаваля и цилиндрического.

Ключевые слова: печь Ванюкова, фурма КВС, цилиндрическое сопло, сопло Лаваля, шихта, концентрат, шлак, штейн, кислород, медь, дымовые газы.

Abstract

The paper presents the results of calculating the trajectories of flows of oxygen-air mixture (OAM) in the above of firms on workspace in Vanyukov furnace. Calculation gas dynamics in the above of firms made using Solid Works Flow Simulation software for the initial boundary conditions of the relevant departments, for cylindrical and Laval nozzles.

Keywords: furnace of Vanyukov, lance OAM, cylindrical nozzle, Laval nozzle, charge, concentrate, slag, matte, oxygen, copper fumes.

Автогенный способ плавки сульфидных концентратов и других вторичных медьсодержащих материалов основан на использовании теплоты экзотермических реакций окисления сульфидов шихты и реакций шлакообразования. Следует отметить многостадийность и некоторую последовательность в прохождении реакций окисления сульфида железа (FeS) происходит с образованием (FeO), который в дальнейшем взаимодействует с кварцем (SiO_2) (при температуре выше 1250°C и при наличии устойчивого концентрата. Несоблюдение отмеченных условий приводит к переокислению FeO и образованию магнетита (Fe_2O_4). Образование магнетита повышает вязкость шлака и приводит к увеличению механических потерь меди. Снизить его содержание в шлаке возможно за счет взаимодействия магнетита с сульфидами в присутствии кварца и образований фэйолита (2FeOSiO_2). Потери меди будут тем выше, чем больше в шлаке содержится оксидов железа.

Надфурменная зона – это основная зона тепло и массообмена в рабочем пространстве печи Ванюкова. В подфурменной зоне происходят в основном процессы разделения на шлак и штейн с последующим продвижением их в сифон шлака и штейна соответственно. На рисунке 1 представлена схема печи Ванюкова.

Горизонтально расположенные фурмы установлены по 23 штуки на боковых стенах печи напротив друг друга. Их оси условно разделяют ванну печи на две зоны надфурменную и подфурменную. В фурмах установлены цилиндрические сопла, через которые в слой среды подают КВС. В период длительной эксплуатации фурм с цилиндрическими соплами были выявлены некоторые отклонения от начального режима их работы. Причиной возникновения подобных ситуаций служит интенсивное налипание расплава на торцевую поверхность фурмы и сопла. Возникновение настывшей приводит к уменьшению расхода КВС, непредсказуемой деформаций скоростного поля потока и сокращению срока службы фурмы. Скорость

струи при существующем давлении перед соплом не обеспечивает сверхзвукового режима (280 М/с) истечения.

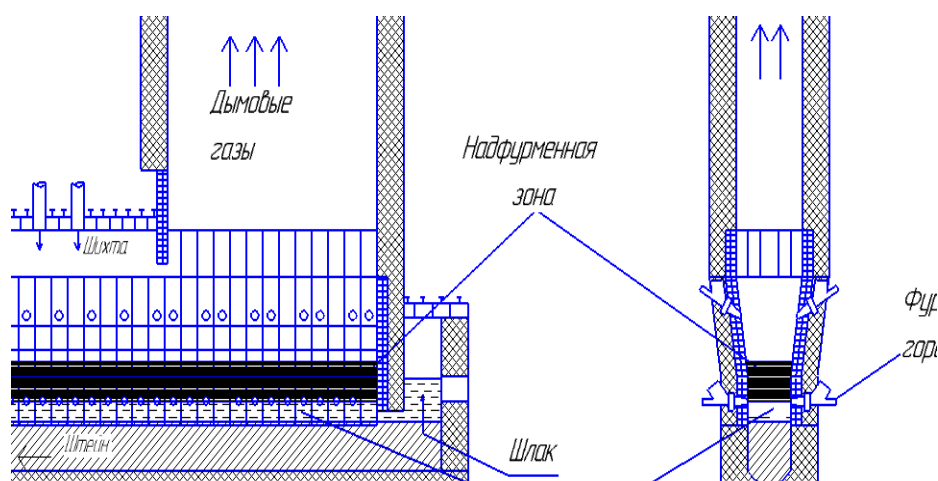


Рис. 1. Схема печи Ванюкова

При тех же физических параметрах кислородно-воздушной смеси скорость истечения из сопла Лавала превышает сверхзвуковую ($330,7 \text{ М/с}$). Благодаря высокоскоростным характеристикам потока КВС ускоряются процессы тепло и массообмена, которые способствуют гомогенизации среды в объекте надфурменной зоны.

Для расчета газодинамического состояния среды надфурменного слоя был выделен объем между двумя соосными горизонтальными фурмами в соответствии с геометрическими характеристиками печи и расчетной высотой уровня надфурменного слоя (рисунок 2).

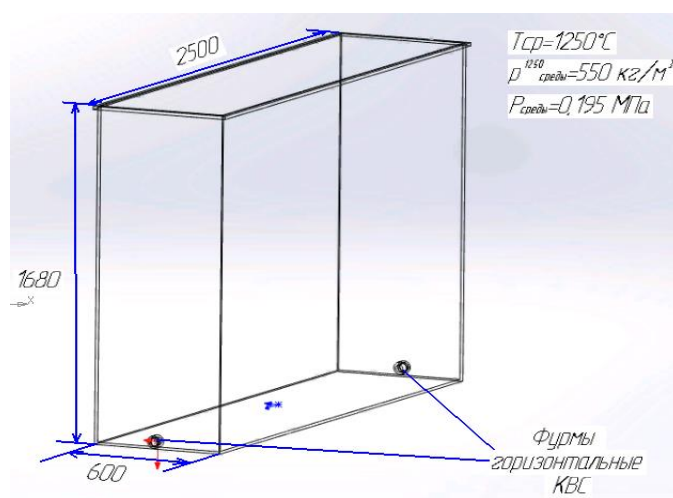


Рис. 2. Расчетный объем надфурменного слоя

Используя данную модель было смоделировано движение КВС с использованием сопла Лавала и с использованием цилиндрического сопла с помощью программы SOLIDWORKS Flow Simulation.

В отличие от других программ гидродинамического моделирования (computational fluid dynamics, CFD), SOLIDWORKS Flow Simulation сочетает высокоуровневую функциональность с точностью и простотой пользования. SOLIDWORKS Flow Simulation является надежным инструментом для инженера, которому необходим анализ потоков.

На рисунках, представленных ниже, показаны проекции аэродинамических полей на боковую поверхность перпендикулярно боковой оси печи (вид сбоку), нижнюю поверхность совпадающую с условной границей раздела надфурменной зоны и шлака (вид снизу), а так же движение среды в объеме надфурменной зоны (в объеме) надфурменной зоны и возможной аварийной ситуаций при работе одной струй КВС.

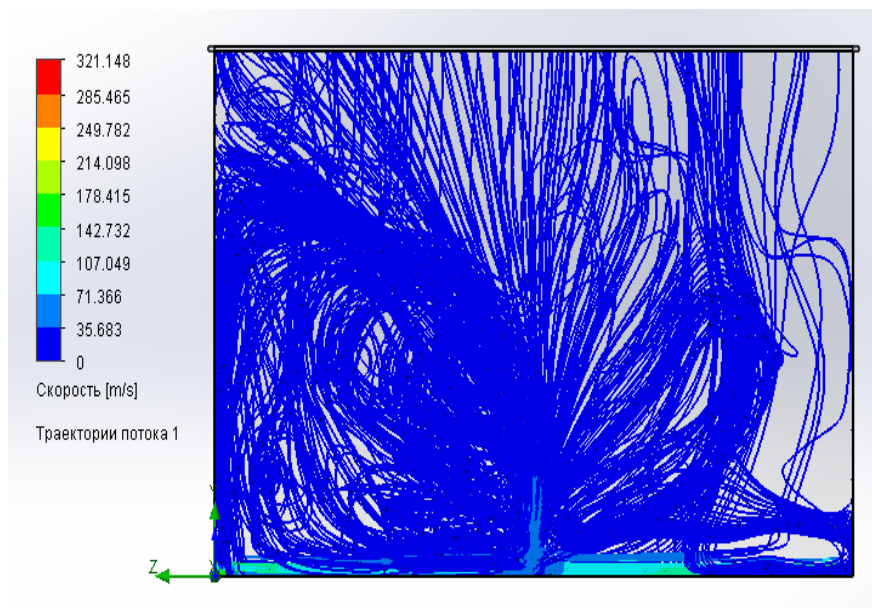


Рис. 3. Траектория газовых потоков при истечений КВС из двух цилиндрических сопел (вид сбоку)

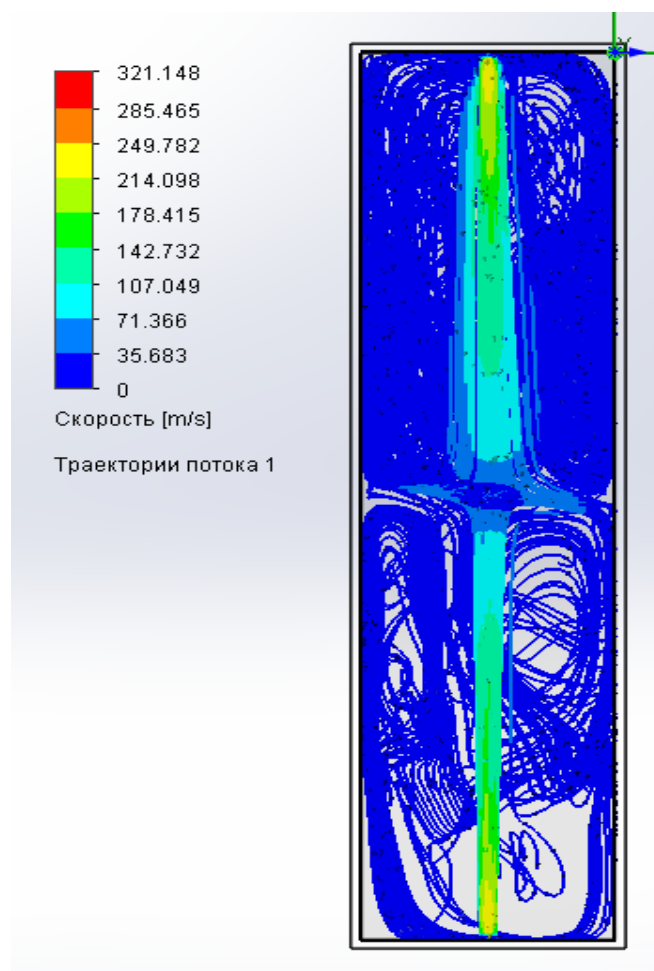


Рис. 4. Траектория газовых потоков при истечений КВС из двух цилиндрических сопел (вид снизу)

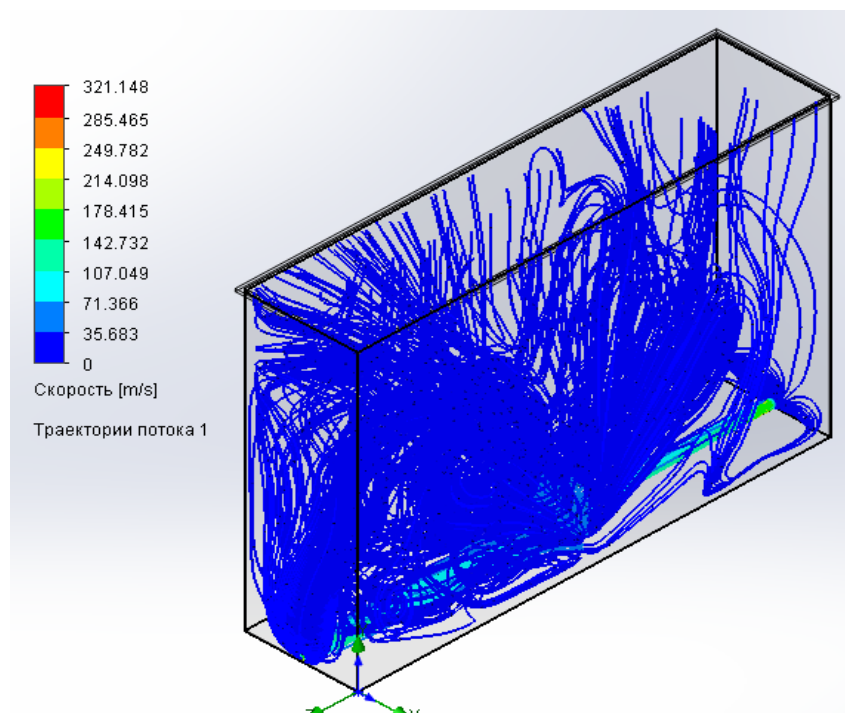


Рис. 5. Траектория газовых потоков при истечений КВС из двух цилиндрических сопел (в объеме)

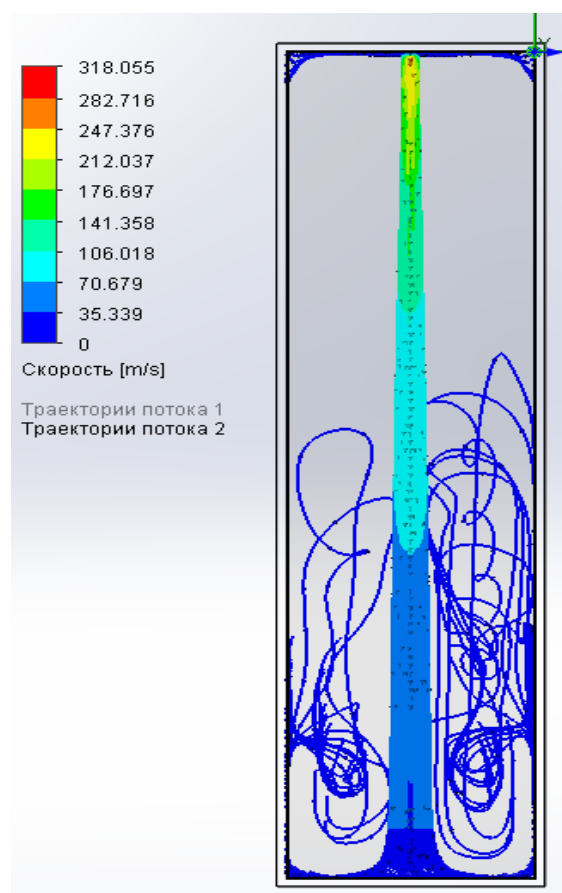


Рис. 6. Траектория газовых потоков при истечений КВС из одного цилиндрического сопла (вид снизу)

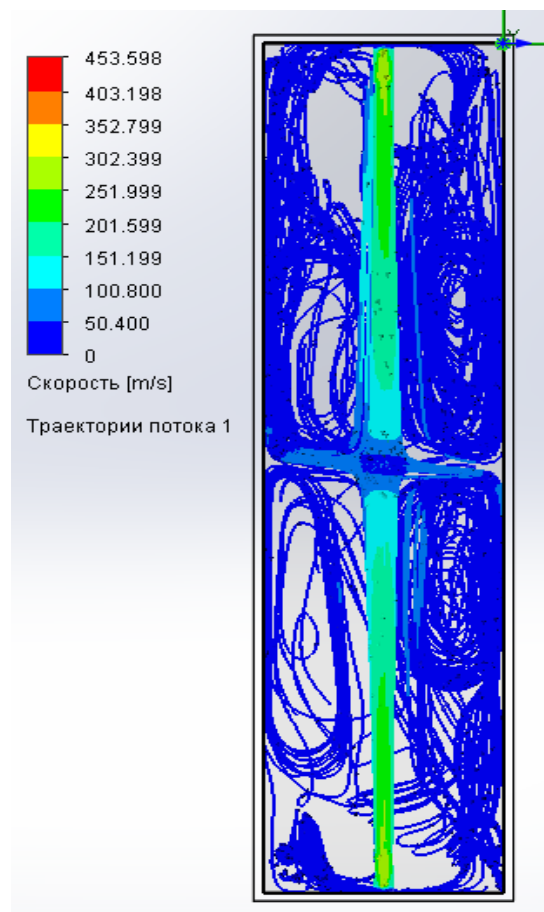


Рис. 7. Траектория газовых потоков при течений КВС из двух сопел Лавалья (вид снизу)

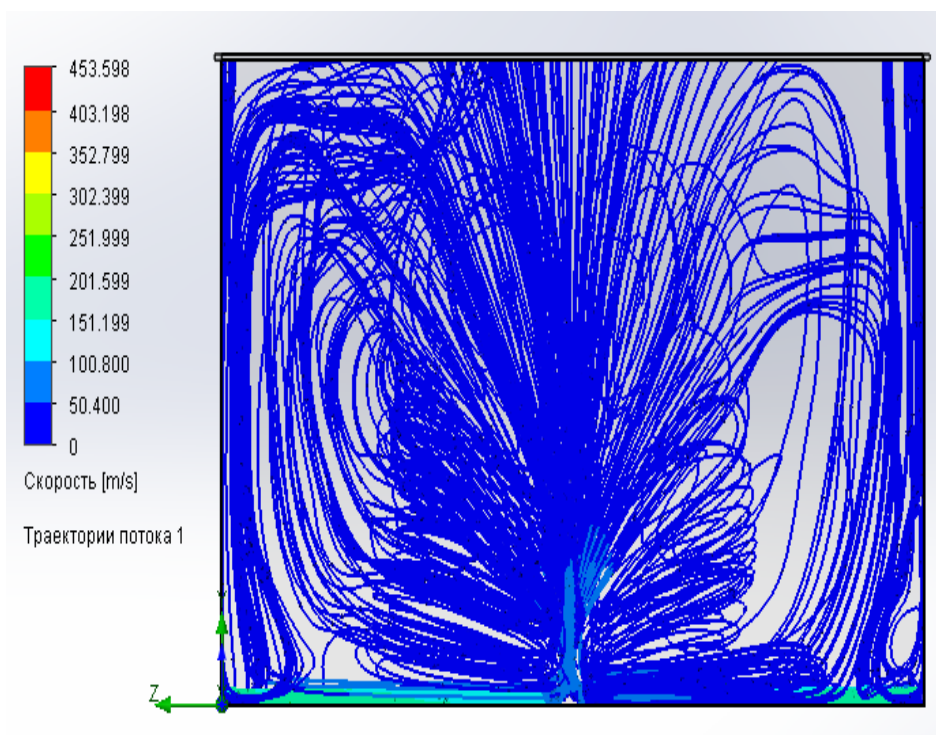


Рис. 8. Траектория газовых потоков при течений КВС из двух сопел Лавалья (вид сбоку)

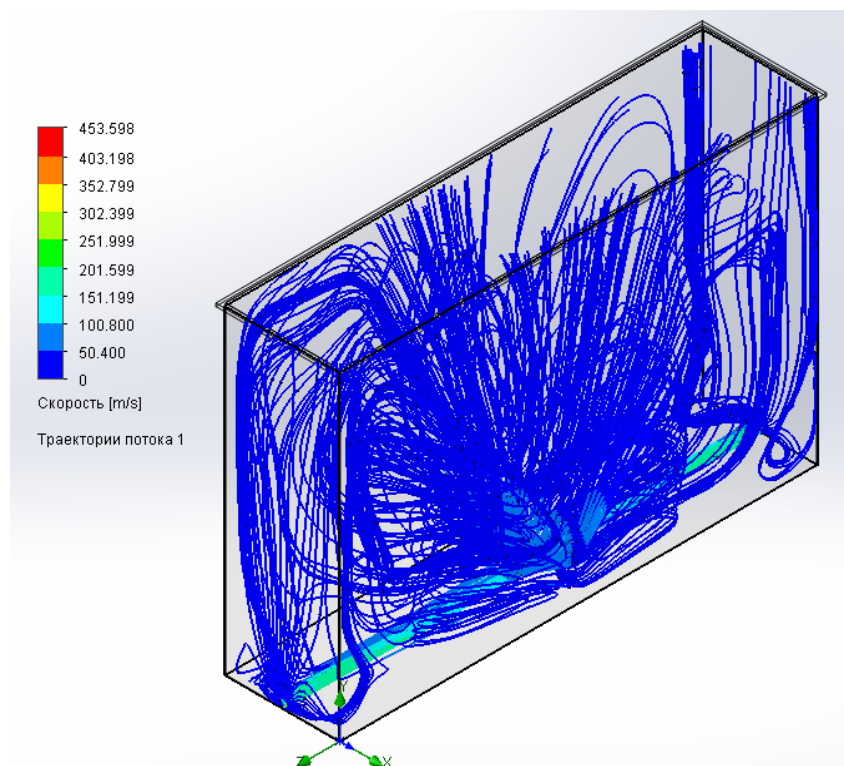


Рис. 9. Траектория газовых потоков при течении КВС из двух сопел Лавая (в объеме)

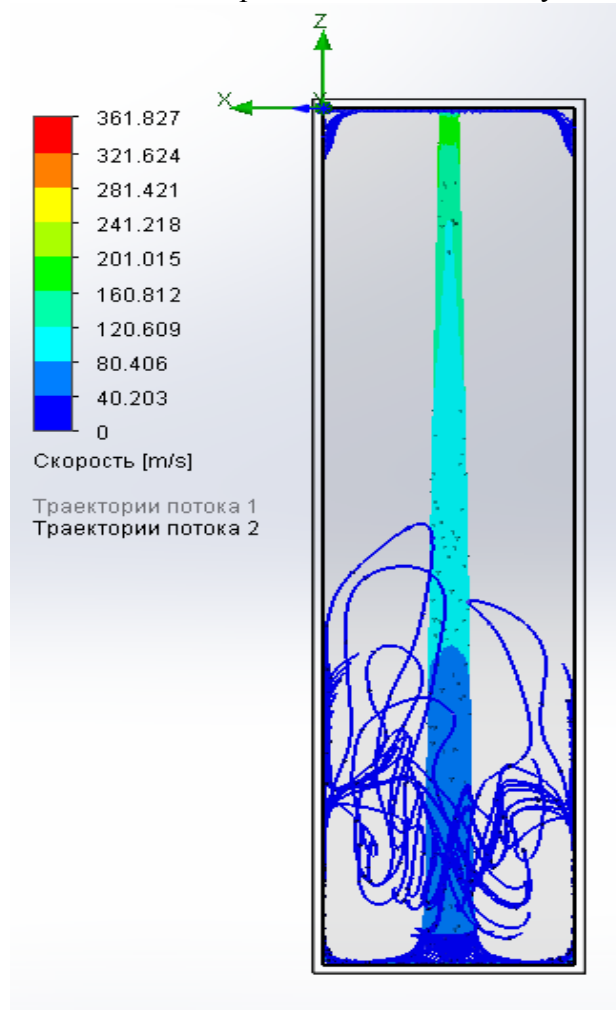
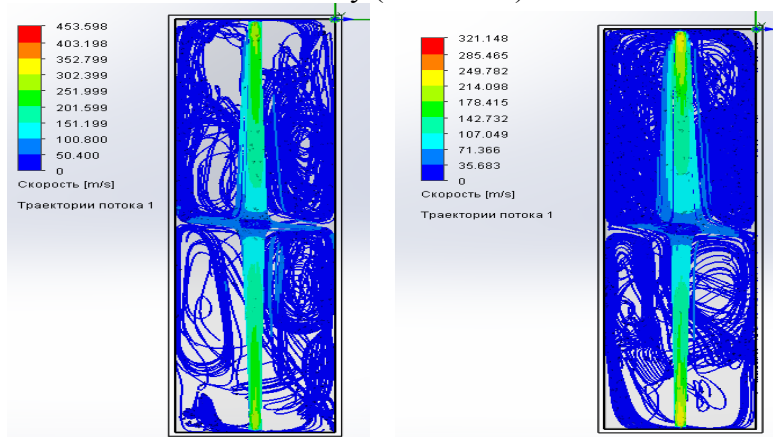


Рис. 10. Траектория газовых потоков при истечении КВС из одного сопла Лавая (вид снизу)

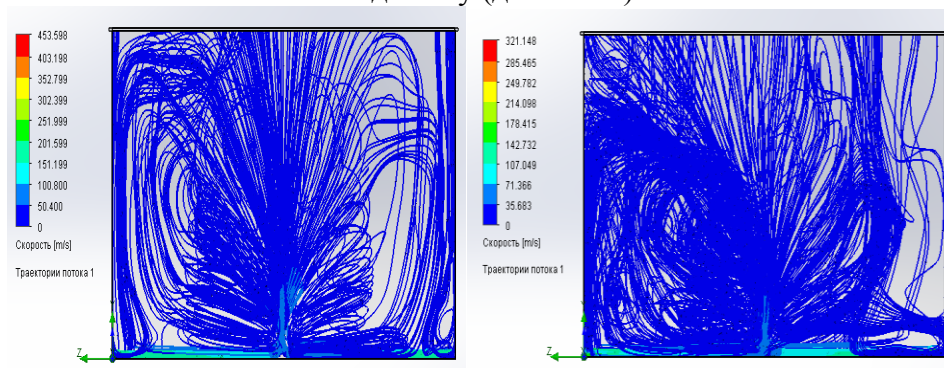
Сопло Лавалья

Цилиндрическое сопло

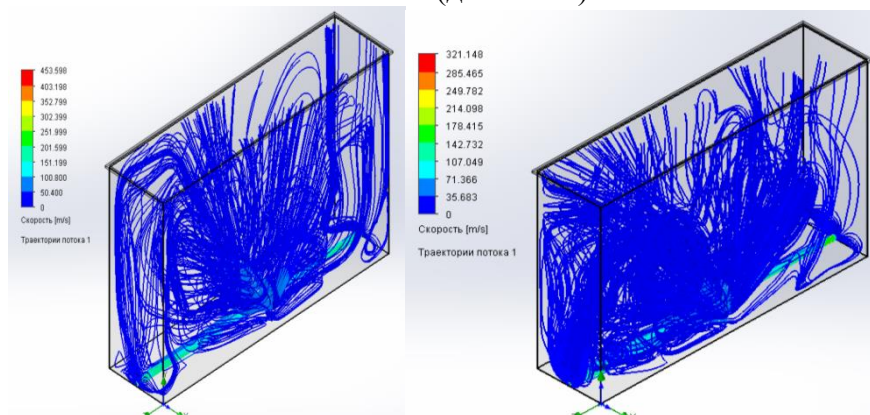
Вид снизу (два сопла)



Вид сбоку (два сопла)



В объеме (два сопла)



Вид снизу (одно сопло)

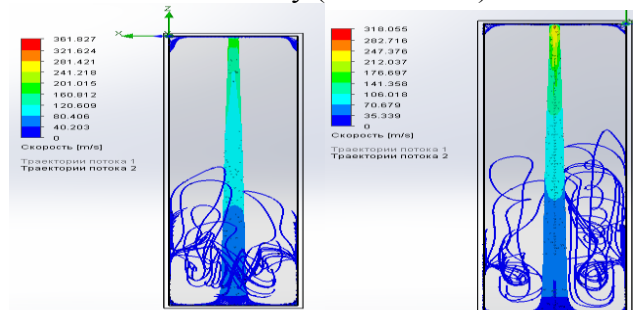


Рис. 11. Траекторий газовых потоков при истечении КВС

В соответствии с результатами были сделаны следующие выводы:

1) При выходе из работы одной из фурм струя из сопряженной фурмы простреливает поперечное сечение рабочего пространства печи до противоположной стенки, не создавая турбулентных вихрей в объеме надфурменного слоя (рисунк 6, 10).

2) При использовании цилиндрического сопла (скорость 280 М/с) наблюдается некоторая асимметрия распределения потоков КВС в надфурменном слое (рисунок 3).

3) Сопло Лаваля создает скоростной поток КВС ($330,7 \text{ М/с}$) при тех же характеристиках (расход, давление, температура), что у цилиндрического сопла. Турбулизация слоя отмечается как по высоте (рисунок 8), так и по объему (рисунок 9). Отмечается высокая интенсивность движения среды в средней части расчетного объема.

Получены качественные и в некотором отношении количественные связи турбулентного движения потоков КВС, которые позволяют уточнить условия создания заданного устойчивого окислительного потенциала, высокого уровня тепломассообменных процессов в объеме надфурменного слоя ванны печи.

Список использованных источников

1. Механика жидкостей и газов / Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М. [и др.]: учебное пособие. – М.: Академкнига 2003. – 464 с.
2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Под ред. А.С. Телегина. – М.: Металлургия, 1993. – 528 с.

УДК 662.76

П. А. Ральников, Н. А. Абаимов, А. Ф. Рыжков

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ПИЛОТНЫХ ПОТОЧНЫХ ГАЗИФИКАТОРОВ

Аннотация

Потребности металлургии в большом количестве электроэнергии целесообразно покрывать современными энергетическими технологиями, одной из которых является газификация твёрдого топлива. В докладе сравниваются аэродинамические особенности работы двух пилотных одноступенчатых кислородных газификаторов под давлением с сухой топливоподачей пылевидного твёрдого топлива. Одна из этих установок разработана концерном Siemens, а вторая НПО ЦКТИ. Численное моделирование работы агрегатов проведено с использованием метода вычислительной гидродинамики CFD. Для сокращения времени расчёта геометрия исследуемых газификаторов была упрощена до сегментов в 5 и 45 градусов, соответственно. Расчётные сетки насчитывали 250 тыс. элементов для установки Siemens и 1.7 млн для ЦКТИ. Сравнение расчётных результатов показало влияние относительных длин камер газификации на расположения аэродинамических структур.

Ключевые слова: газификация, вычислительная гидродинамика, твёрдое топливо, кислородное дутьё, поточный газификатор.

Abstract

Metallurgy need of a large number of electricity is advisable to cover by the modern energy technologies, one of which is the solid fuel gasification. In the report the aerodynamic features of the two pilot single-stage pressurized oxygen-blown dry-feed pulverized solid fuels gasifier are compared. One of these units developed by concern Siemens, and the second - NPO CKTI. Numerical modeling of the units carried out using computational fluid dynamics (CFD) method. Simplified segments gasifiers geometries of 5 and 45 degrees, respectively, are studied to reduce the calculation time. Calculation meshes of 250 thousand elements (Siemens) and 1.7 million (CKTI) are used. Comparison of the calculated results showed the influence of the gasification chamber relative lengths on the aerodynamic structures location.